

氏名 ようむ
楊 夢

学位の種類 博士 (医学)

学位記番号 富生命博甲第 145 号

学位授与年月日 令和 4 年 9 月 28 日

学位授与の要件 富山大学学位規則第 3 条第 3 項該当

教育部名 富山大学大学院生命融合科学教育部 博士課程
認知・情動脳科学専攻

学位論文題目

Fast Detection of Snakes and Emotional Faces in the Macaque Amygdala
(マカクサル扁桃体ニューロンはヘビおよび情動表情を素早く検出する)

論文審査委員

(主査) 教授 一條 裕之

(副査) 教授 鈴木 道雄

(副査) 教授 田村 了以

(副査) 教授 中辻 裕司

(指導教員) 准教授 西丸 広史

論 文 要 旨

論 文 題 目

Fast Detection of Snakes and Emotional Faces in the Macaque Amygdala

(マカクサル扁桃体ニューロンはヘビおよび情動表情を素早く検出する)

氏 名 楊 夢

[目的]

Rapid defensive responses are often required to avoid predators. Neural systems for such behaviors have been argued to be controlled by an evolved subcortical “fear module” that in mammals includes the superior colliculus and pulvinar, two nuclei involved with vision, and the amygdala. Although the amygdala has been implicated in avoidance and emotional behaviors to biologically relevant stimuli and has neural connections with subcortical nuclei involved with vision, the responsiveness of amygdalar neurons to phylogenetically salient stimuli in primates, especially snakes and emotional faces, is currently unknown. In this study, neuronal activity in the amygdala was recorded from Japanese macaques (*Macaca fuscata*) during discrimination of eight categories of visual stimuli including snakes, monkey faces, human faces, carnivores, raptors, non-predators, monkey hands, and simple figures.

[方法並びに成績]

Two adult monkeys were trained to perform a delayed non-matching to sample (DNMS) task and discriminate 8 categories of visual stimuli (snakes, monkey faces, human faces, raptors, carnivores, non-predators, monkey hands, and simple figures). While monkeys performed the DNMS task, a glass-insulated tungsten microelectrode was stereotaxically inserted into the amygdala to record neuronal activity. After recording, a tungsten marker was implanted near the target area, and the brains were perfused, removed from the skulls, and cut into 100- μ m coronal sections. The sections were stained with Cresyl violet, and the location of each recording site was then determined by comparing the stereotaxic coordinates of recording sites with those of marker positions.


Of 527 amygdalar neurons, 95 responded to one or more stimuli. Response characteristics of the amygdalar neurons indicated that they were more sensitive to the snakes and emotional faces than other stimuli. Response magnitudes and latencies of amygdalar neurons to snakes and monkey faces were stronger and faster than those to the other categories of stimuli, respectively. Furthermore, response magnitudes to the low pass-filtered snake images were larger than those to scrambled snake images. Finally, analyses of population activity of amygdalar neurons suggest that snakes and emotional faces were represented separately from the other stimuli during the 50–100 ms period from stimulus onset, and neutral faces during the 100–150 ms period.

[総括]

These response characteristics indicate that the amygdala processes fast and coarse visual information from emotional faces and snakes (but not other predators of primates) among the eight categories of the visual stimuli, and suggest that, like anthropoid primate visual systems,

the amygdala has been shaped over evolutionary time to detect appearance of potentially threatening stimuli including both emotional faces and snakes, the first of the modern predators of primates. These findings suggest that amygdalar neuronal responsiveness is similar to that in the pulvinar and medial prefrontal cortex in monkeys reported in previous studies. This specific pattern of responsiveness to snakes and emotional faces might be attributed to natural selection favoring rapid detection of snakes as well as emotional faces in primates via the “fear module”, which includes the superior colliculus, pulvinar, and amygdala.

学位論文審査の要旨

報告番号	富生命博甲第 号 富生命博乙第 号	氏 名	楊 夢
論文審査委員	職 名 (主査) 教授 (副査) 教授 (副査) 教授 (副査) 教授	氏 名 一條 裕之 鈴木 道雄 田村 了以 中辻 裕司	
指導（紹介）教員	准教授	西丸 広史	
(論文題目 英文の場合は和訳, 日本語の場合は英訳を付記すること) Fast Detection of Snakes and Emotional Faces in the Macaque Amygdala (マカクサル扁桃体ニューロンはヘビおよび情動表情を素早く検出する)		(判定)	合格
(論文審査の要旨)			
<p>【目的】</p> <p>捕食者を避けるためには、しばしば迅速な防衛反応が必要とされる。このような行動は、哺乳類では視覚に関わる上丘と視床枕、および扁桃体を含む皮質下恐怖モジュールによって制御されていると考えられている。扁桃体は、生物学的妥当性のある刺激に対する回避行動や情動行動に関与し、視覚に関わる皮質下核と神経結合しているが、霊長類の生理的に顕著な刺激、特にヘビや情動表情に対する扁桃体ニューロンの反応性は明らかではなかった。楊氏は扁桃体ニューロンの反応性を明らかにすることを目的として、ニホンザル (<i>Macaca fuscata</i>) を用いて、ヘビ、サルの顔、ヒトの顔、肉食動物、猛禽類、非捕食動物、サルの手、単純な図形の8カテゴリーの視覚刺激を識別する際の扁桃体のニューロン活動を記録した。</p> <p>【方法並びに成績】</p> <p>2匹の成体サルを訓練して、delayed non-matching to sample task (DNMS課題、遅延見本非合わせ課題) を行い、8つのカテゴリーの視覚刺激 (ヘビ、サルの顔、ヒトの顔、肉食動物、猛禽類、非捕食動物、サルの手、単純な図形) を識別した。サルがDNMS課題を行う間、ガラス絶縁タングステン微小電極を扁桃体に定位挿入し、ニューロン活動を記録した。全ての記録セッション終了後、タングステンマーカーを目的部位付近に埋め込んだ。脳を灌流固定し、100 μmの冠状切片を作製後、</p>			

Cresyl-violetで染色した。切片上でマーカー先端位置を同定し、その脳定位座標に基づいて、記録した各ニューロンの扁桃体内局在を決定した。

527個の扁桃体ニューロンのうち、95個が1つ以上の刺激に反応した。扁桃体ニューロンの反応特性は、ヘビと感情的な表情の顔への反応が他の刺激よりも感受性が高いことを示していた。ヘビと感情的な表情の顔に対する扁桃体ニューロンの反応の大きさと潜時は、他のカテゴリーの刺激に対する反応よりもそれぞれ強く、短いものであった。さらに、ローパスフィルターをかけたヘビ画像に対する反応の大きさは、スクランブル処理したベビ画像に対する反応より大きかった。最後に、扁桃体ニューロン集団の活動の解析から、ヘビと感情的な表情の顔は刺激開始後 50-100 msの間に他の刺激とは別に表現され、中立的な表情の顔は 100-150 msの間に表現されることが示唆された。

【総括】

扁桃体ニューロンの反応特性は、扁桃体が8つのカテゴリーの視覚刺激のうち、感情的な表情の顔とヘビの視覚情報を高速かつ粗く処理していることを示し、扁桃体は進化の過程で、感情的な表情の顔と現代の霊長類の最初の捕食者となったヘビの両方を潜在的な脅威刺激として、出現を特に検知するように形成されてきたことを示唆する。楊氏の発見は、扁桃体ニューロンの反応性が、これまでの研究で報告されているサルの視床枕や内側前頭前野の反応性に類似していることを示唆している。このようなヘビや感情的な表情の顔に対する特異的な反応パターンは、上丘、視床枕、扁桃体を含む皮質下恐怖モジュールを介して、ヘビや感情的な表情の顔を素早く発見することが生存に有利な自然選択によるものである可能性がある。

以上のことからサルの扁桃体ニューロンが、ヘビと感情的な表情の顔に対して他の刺激よりも高い反応性を示すことを、初めて明らかにした点は新規性があり、これまでの研究で報告されている視床枕や内側前頭前野の反応性に類似していることを示唆した点で医学における学術的重要性も高い。以上より本審査会は本論文を博士（医学）の学位に十分値すると判断した。